

Title	STUDY OF Ga ION IMPLANTATION EFFECT ON InGaAs/InP SYSTEM AND ITS APPLICATION TO LOW DIMENSIONAL STRUCTURES.
Author(s)	齋, 淳戴
Citation	
Issue Date	
oaire:version	
URL	https://hdl.handle.net/11094/37285
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed 大阪大学の博士論文について こちら をご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏名・(本籍)	ゆ 兪	すん 淳	ぜ 載
学位の種類	工	学	博 士
学位記番号	第	9 7 5 8	号
学位授与の日付	平成 3 年 3 月 26 日		
学位授与の要件	工学研究科 電磁エネルギー工学専攻 学位規則第 5 条第 1 項該当		
学位論文題目	STUDY OF Ga ION IMPLANTATION EFFECT ON InGaAs/InP SYSTEM AND ITS APPLICATION TO LOW DIMENSIONAL STRUCTURES. (InGaAs /InP 系材料における Ga イオン注入効果とその低次元構造への応用に関する研究) (主査)		
論文審査委員	教 授	権田 俊一	教 授 中井 貞雄
	教 授	西川 雅弘	教 授 石村 勉
	教 授	横山 昌弘	教 授 青木 亮三
	教 授	西原 功修	教 授 三宅 正宣
			教 授 三間 圀興
			教 授 井澤 靖和

論文内容の要旨

本論文は、Ⅲ－Ⅴ族半導体材料の InP, InGaAs 系における Ga イオン注入による改質効果に関する研究およびその低次元量子効果構造への応用に関する研究成果をまとめたもので、以下の 6 章から成っている。

第 1 章では、本研究の背景、目的、および各章の内容についての概略を述べている。

第 2 章では、AsH₃ と PH₃ を用いるガスソース分子線エピタキシー法、これを用いた InGaAs/InP 超格子の成長、ブロードおよび集束イオンビーム注入、熱処理、光学的、電気的評価法等の実験技術について述べている。

第 3 章では、InP, InGaAs への Ga イオン注入による改質効果について述べている。注入効果を結晶学的、光学的、電気的に評価し、損傷効果はラマンの対称性と選択則のずれから定量的に評価している。Ga イオンの損傷効果は InGaAs より InP で大きく線量が $1 \times 10^{14} \text{cm}^{-2}$ の注入で結晶はアモルファス状態になること、集束イオンビームを注入したダイオード構造では電気抵抗が 10^6 倍も高くなることを見出している。

第 4 章では、超格子構造での構成原子の移動に関し、熱処理による拡散と Ga イオン注入による拡散について述べている。Ⅲ族とⅤ族の原子の拡散は InGaAsP に対し、二元結合に相当する四つのモードの解析と、これにランダムエレメントイソデプレイスメントモデルを適用することにより評価している。Ⅲ族とⅤ族の原子が相互拡散し、格子整合をとりながら混晶化すること、界面でのストレインが拡散の仕方に大きく影響すること、またその拡散過程や組成プロファイルが As 系と P 系の損傷や回復の差に起因すること等を明らかにしている。

第5章では、Ga 集束イオンビームによる幅138nm–268nm の低次元構造の量子細線の作製およびその光学特性について述べている。細線構造ではPL発光の50meV にもものぼるブルーシフトと強度変化を観測している。細線のエネルギーバンド構造を注入したイオンの分布と超格子での拡散距離から求め、これを用いて発光のシフト量を計算し、実験とよい一致を得ている。集束イオンビーム注入による混晶化の結果キャリアの閉じ込めができることを明らかにしている。

第6章では、以上の Ga イオン注入による改質効果と集束イオンビームの応用に関する研究結果をまとめている。

論文審査の結果の要旨

化合物半導体材料中で、GaAs の次の世代の材料と目される InP, InGaAs 系材料のプロセス技術はこれから開拓されるべきところの多い分野である。本論文はプロセス技術の一つとしてイオン注入技術を取りあげ、本材料系における構成原子の拡散など、イオン注入によって生ずる現象の基礎過程を明らかにするとともに、これを利用して微細構造の作製を試みた結果についてまとめたもので、主な成果を要約すれば次の通りである。

- 1) InP および InGaAs の作製を、AsH₃ および PH₃ を用いたガスソース分子線エピタキシー法により行い、個々の薄膜結晶や InGaAs/InP 超格子の高品質化をもたらす技術的ノウハウや諸条件を明らかにしている。
- 2) InP および InGaAs に Ga イオンを注入しその結果生じる変化を、ラマン散乱、フォトルミネッセンス、電気抵抗測定等によって調べ、注入後の結晶損傷の状態、熱処理による結晶性の回復、それにとともなう電氣的性質の変化などを定量的に明らかにしている。InP では $1 \times 10^{14} \text{ cm}^{-2}$ の低い線量で結晶はアモルファス状態になるが、InGaAs では同じ線量では InP より損傷が少ないこと、高い電子濃度の InP に Ga イオン注入すると、損傷によるトラップ状態ができて電子濃度が減少し、電気抵抗が 10^6 倍にもなることなどを見出している。
- 3) InGaAs/InP 超格子の構成原子の移動の様子を、熱処理のみをした場合と Ga イオン注入・熱処理をした場合についてラマン散乱効果を用いて詳細に調べ、In, Ga のⅢ族原子と As, P のⅤ族原子が相互拡散し、基板の InP と格子整合しながら混晶化すること、相互拡散の仕方は構成原子の移動によって生ずる歪の大きさに依存すること、また拡散の過程や組成のプロファイルのようすは、As 系と P 系の損傷や回復の仕方の差によることを明らかにしている。
- 4) Ga の集束イオンビームを用いて低次元構造の量子細線を InGaAs/InP 系材料で作製することを試み、作製した試料のフォトルミネッセンス測定により線径の減少による大きなブルーシフトや、線量の増加にとともなう発光強度の増大を観測している。前に求めたイオン注入による原子移動を考慮に入れて細線の電子状態を求め、発光シフト量を計算して実験結果とよい一致を得ている。このようにイオン注入による InGaAsP 混晶化を用いて作製した細線構造によりキャリアの閉じこめができること

を示している。

以上のように本論文は、InP, InGaAs 材料系においてイオン注入によって生ずる種々の現象とその基礎過程を明らかにするとともにこれらの現象を微細構造作製に応用し、新しいデバイスプロセス技術としての可能性を明らかにしたもので、電子材料工学および電子素子工学に寄与するところが大きい。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。